

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **07-322683**

(43)Date of publication of application : **08.12.1995**

(51)Int.Cl.

H02P 6/24

(21)Application number : **06-106863** (71)Applicant : **ASMO CO LTD**

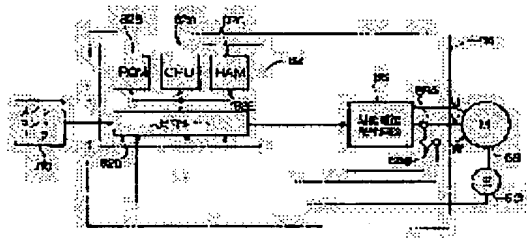
(22)Date of filing : **20.05.1994** (72)Inventor : **NAKADA MASAO**
YOKOE HIFUMI

(54) DRIVING DEVICE OF SYNCHRONOUS MOTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To stop the magnet rotor of a synchronous rotor at a target position in high stability by generating the magnetic field in the reverse direction with respect to the direction of the magnetic flux of the magnet rotor on a stator so that the rotor is held at the target position after the magnet rotor is rotated to the target position.

CONSTITUTION: The position of a magnet rotor is detected by a rotary encoder 90 as the position detecting means so that the magnet rotor is rotated to an indicated target position. A rotating magnetic field is generated on the stator of a brushless motor 58 on the basis of the detected position. The position signal of the rotor detected by the rotary encoder 90 is outputted into a microprocessor 82. The duty ratio of phases U, V and W is determined. The current generated in a driving-current generating circuit 86 is supplied to the phases U, V and W. The magnetic field in the reverse direction with respect to the direction of the magnetic flux of the magnet rotor is generated on the stator so that the magnet rotor is held up to the target position. Therefore the magnet rotor can be stopped stably at the target position.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-322683

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 2 P 6/24

H 0 2 P 6/ 02

3 5 1 L

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-106863

(22) 出願日 平成6年(1994)5月20日

(71) 出願人 000101352

アスモ株式会社

静岡県湖西市梅田390番地

(72) 発明者 中田 昌雄

静岡県湖西市梅田390番地 アスモ株式会社内

(72) 発明者 横江 一二三

静岡県湖西市梅田390番地 アスモ株式会社内

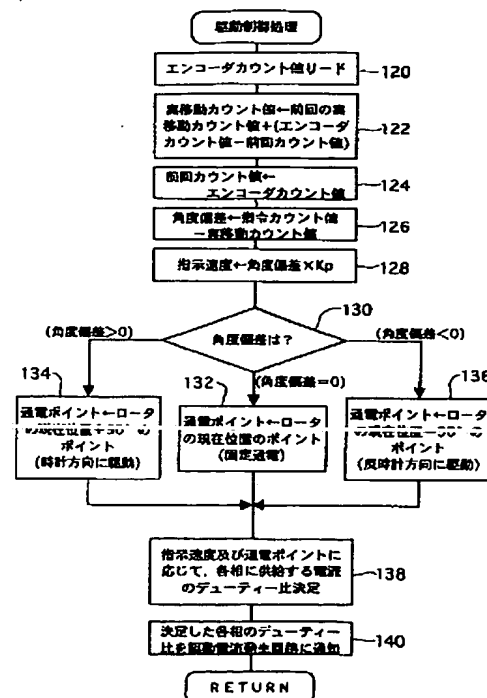
(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外2名)

(54) 【発明の名称】 同期モータの駆動装置

(57) 【要約】

【目的】 同期モータのマグネットロータを目標位置に高い安定度で停止させる。

【構成】 図の処理は所定時間毎に行われる。ロータの位置を表すカウント値をエンコーダから取込み、駆動を開始してからロータの移動距離を表す実移動カウント値を演算し、目標位置を表す指令カウント値との差(角度偏差)を演算し、角度偏差に応じてロータの回転速度を定める(120~128)。次に角度偏差の値に応じて処理が進み、角度偏差>0であればロータの位置+90°のポイント(時計方向に回転)、<0であればロータの位置-90°のポイント(反時計方向に回転)を通電ポイントとし(134又は136)、固定子の各相に供給する電流のデューティ比を決定してモータを駆動する(138~140)。角度偏差が0になるとロータの位置に等しいポイントを通電ポイントとし(132)、ロータマグネットの磁束の方向と逆方向の磁界を固定子に発生させてロータを目標位置に保持する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転可能に配置されたマグネットロータと、複数相のコイルを備え前記マグネットロータの外周に配置された固定子と、を備えた同期モータを駆動する同期モータの駆動装置であって、

前記マグネットロータの位置を検出する位置検出手段と、

指示された目標位置までマグネットロータが回転するように前記位置検出手段によって検出されたマグネットロータの位置に基づいて固定子に回転磁界を発生させると共に、マグネットロータが前記目標位置まで回転した後は、マグネットロータが目標位置に保持されるように前記目標位置におけるマグネットロータの磁束の方向と逆方向の磁界を固定子に発生させる制御手段と、を含む同期モータの駆動装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、マグネットロータを前記目標位置に保持している状態で前記位置検出手段によって検出されたマグネットロータの位置が目標位置からずれた場合には、マグネットロータが目標位置に戻るよう固定子に回転磁界を発生させる、ことを特徴とする請求項 1 記載の同期モータの駆動装置。

【請求項 3】 前記制御手段は、所定の事象に応じてマグネットロータの回転速度の目標値を定め、定めた回転速度の目標値に応じた回転磁界を固定子に発生させる、ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の同期モータの駆動装置。

【請求項 4】 前記所定の事象はマグネットロータの現在位置と指示された目標位置との偏差であり、前記制御手段は前記偏差が小さくなるに従ってマグネットロータの回転速度が小さくなるように回転速度の目標値を定める、ことを特徴とする請求項 3 記載の同期モータの駆動装置。

【請求項 5】 前記所定の事象は回転速度の指示であり、前記制御手段は前記指示された回転速度を回転速度の目標値とする、ことを特徴とする請求項 3 記載の同期モータの駆動装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は同期モータの駆動装置に係り、特に、指示された目標位置まで同期モータのマグネットロータを回転させる同期モータの駆動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、同期モータの一種として、永久磁石が取付けられ回転可能に配置されたマグネットロータ（以下、ロータという）と、複数相のコイルを備えロータの外周に配置された固定子と、を備えた、所謂永

久磁石同期型のブラシレスモータが知られている。この種のブラシレスモータは、整流子、ブラシ等から成る機械的な整流機構が省略されているので、ホール素子やロータリーエンコーダ等の位置検出手段によってロータの磁極の位置を検出し、検出された磁極の位置に応じて固定子の各コイルに通電して回転磁界を発生させることにより駆動される。一般にブラシレスモータは前記整流機構による機械的な接触がないので、低ノイズかつ長寿命であり、例えば車両の電氣的な駆動部分等に広範に用いられている。

【0003】ところで、上記のようなブラシレスモータを、例えばマニピュレータ（所謂ロボットアーム）のアクチュエータとして用いた場合、アーム等を所定角度回転させるために、ブラシレスモータのロータを前記所定角度に対応する目標位置まで回転させて停止させる駆動を行うことがあるが、このような駆動は、ロータが目標位置まで回転したときに固定子の各コイルへの通電を停止させることにより達成される。この固定子の各コイルへの通電を停止している状態ではロータは僅かな外力により回転する。このため、ロータを目標位置に保持したい場合、従来はロータが目標位置からずれたことが位置検出手段によって検出されると固定子の各コイルに通電し、ロータが目標位置に戻るよう補正を行っていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記ではロータを高精度で目標位置に停止させることが困難であるという問題がある。すなわち、ロータの停止状態における位置精度を向上させるためには、ロータの僅かな回転を検出可能な分解能の高いロータリーエンコーダを用いると共に、ロータに外力が加わることによりロータリーエンコーダによって検出されたロータの位置と目標位置とに偏差が生じた場合に、その偏差が僅かであっても補正を行うために、コイルに流す電流値が比較的大きな値となるようにゲインを設定する必要がある。

【0005】しかし、分解能の高いロータリーエンコーダは高価であり、また大きなゲインを設定すると、ロータが目標位置で静止せず目標位置を中心として振動的に回転する、所謂発振現象が発生し、停止状態におけるロータの安定度が低いという問題がある。またコスト低減を目的として、分解能の低いロータリーエンコーダを用いた場合、分解能の高いロータリーエンコーダを用いたときと同一の応答速度を得るためには更に大きなゲインを設定する必要があるが、これにより前述の発振現象が顕著に現れ、停止状態におけるロータの安定度が非常に低くなるので、実質的にロボットアームのアクチュエータ等として用いることはできない。

【0006】本発明は上記事実を考慮し、同期モータのマグネットロータを目標位置に高い安定度で停止させることができる同期モータの駆動装置を得ることを第 1 の目的とする。

【0007】また本発明は、マグネットロータが目標位置に停止している状態から外力により回転された場合に、発振現象を生じさせにくくかつ短時間でマグネットロータを目標位置に戻すことができる同期モータの駆動装置を得ることを第2の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1記載の発明に係る同期モータの駆動装置は、回転可能に配置されたマグネットロータと、複数相のコイルを備え前記マグネットロータの外周に配置された固定子と、を備えた同期モータを駆動する同期モータの駆動装置であって、前記マグネットロータの位置を検出する位置検出手段と、指示された目標位置までマグネットロータが回転するように前記位置検出手段によって検出されたマグネットロータの位置に基づいて固定子に回転磁界を発生させると共に、マグネットロータが前記目標位置まで回転した後は、マグネットロータが目標位置に保持されるように前記目標位置におけるマグネットロータの磁束の方向と逆方向の磁界を固定子に発生させる制御手段と、を含んで構成している。

【0009】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、制御手段が、マグネットロータを目標位置に保持している状態で位置検出手段によって検出されたマグネットロータの位置が目標位置からずれた場合には、マグネットロータが目標位置に戻るよう固定子に回転磁界を発生させる、ことを特徴としている。

【0010】請求項3記載の発明は、請求項1又は請求項2記載の発明において、制御手段が、所定の事象に応じてマグネットロータの回転速度の目標値を定め、定めた回転速度の目標値に応じた回転磁界を固定子に発生させる、ことを特徴としている。

【0011】請求項4記載の発明は、請求項3記載の発明において、所定の事象がマグネットロータの現在位置と指示された目標位置との偏差であり、制御手段は前記偏差が小さくなるに従ってマグネットロータの回転速度が小さくなるように回転速度の目標値を定める、ことを特徴としている。

【0012】請求項5記載の発明は、請求項3記載の発明において、所定の事象が回転速度の指示であり、制御手段は前記指示された回転速度を回転速度の目標値とする、ことを特徴としている。

【0013】

【作用】請求項1記載の発明では、位置検出手段によって同期モータのマグネットロータの位置が検出される。なお、位置検出手段としてはロータリーエンコーダ等を適用することができる。一方、制御手段では、指示された目標位置までマグネットロータが回転するように、位置検出手段によって検出されるマグネットロータの位置に基づいて固定子に回転磁界を発生させる。なお、ここでいう回転磁界とは、見かけ上回転するように固定子に

発生されマグネットロータに回転力を生じさせる磁界のことである。

【0014】また、マグネットロータが目標位置まで回転した後は、マグネットロータが目標位置で保持されるように目標位置におけるマグネットロータの磁束の方向と逆方向の磁界を固定子に発生させる。上記により、マグネットロータが目標位置まで回転した後は、マグネットロータの回転を阻止しようとする保持トルクがマグネットロータに加わるので、多少の外力が加わってもマグネットロータは回転されることなく目標位置に静止状態で保持される。従って、同期モータのマグネットロータを目標位置に高い安定度で停止させることができる。

【0015】なお、請求項1の発明において、マグネットロータを目標位置に保持している状態であっても、マグネットロータに加わっている保持トルクを上回る大きな外力がマグネットロータに加わった等の場合には、保持トルクに抗してマグネットロータが回転されて目標位置からずれることがある。これを考慮すると、請求項2にも記載したように、制御手段は、目標位置にマグネットロータを保持している状態で位置検出手段によって検出されたマグネットロータの位置が目標位置からずれた場合に、マグネットロータが目標位置に戻るよう固定子に回転磁界を発生させることが好ましい。

【0016】上記のように保持トルクを上回る大きな外力がマグネットロータに加わった場合にも、保持トルクによって外力が減少されるのでマグネットロータの目標位置からのずれ量は小さく、かつマグネットロータが目標位置に戻るようずれが補正されるので、マグネットロータの停止状態での安定度が更に向上する。また、マグネットロータが目標位置に戻ると、目標位置におけるマグネットロータの磁束の方向と逆方向の磁界が固定子に再び発生されてマグネットロータに保持トルクが加わるので、位置検出の分解能が比較的低い位置検出手段を用いると共に、マグネットロータを目標位置に戻す際に固定子のコイルに流れる電流値が比較的大きくなるようにゲインを設定したとしても発振現象が生じにくい。

【0017】従って、マグネットロータが目標位置に停止している状態から外力により回転された場合に、発振現象を生じさせにくくかつ短時間でマグネットロータを目標位置に戻すことができる。また、位置検出の分解能が比較的低い、低コストの位置検出手段を用いることができるので、本発明に係る同期モータの駆動装置のコストを低減することも可能となる。

【0018】また制御手段は、請求項3にも記載したように、所定の事象に応じてマグネットロータの回転速度の目標値を定め、定めた回転速度の目標値に応じた強さの回転磁界を固定子に発生させることができる。この所定の事象としては、例えば請求項4にも記載したように、マグネットロータの現在位置と指示された目標位置との偏差を用いることができる。この場合、制御手段は

前記偏差が小さくなるに従ってマグネットロータの回転速度が小さくなるように制御することが好ましい。

【0019】これにより、前記偏差が小さいときにはマグネットロータの回転速度が低くされるので、マグネットロータが目標位置を越えて回転することにより発振現象等の不具合が発生することが減少されると共に、前記偏差が大きいときにはマグネットロータは高速で回転されるので、前記発振現象等の不具合の発生を減少させるために目標位置に到達するまでの時間が必要以上に長くなることもない。従って、マグネットロータが目標位置に停止している状態から外力により回転された場合に、発振現象を生じさせにくくかつ更に短時間でマグネットロータを目標位置に戻すことができる。

【0020】なお、所定の事象は上記に限定されるものではなく、例えば請求項5に記載したように、所定の事象を回転速度の指示とし、制御手段では指示された回転速度を回転速度の目標値とするようにしてもよい。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。なお、以下では本発明に支障のない数値を用いて説明するが、本発明は以下に挙げた数値に限定されるものではない。

【0022】図1には本実施例に係るマニピュレータ50及びマニピュレータ制御装置52が示されている。マニピュレータ50は、一端部がピンを介して基部54に回動可能に軸支された第1アーム56を備えている。基部54には本発明の同期モータとしての永久磁石同期型のブラシレスモータ（以下、単にブラシレスモータという）58Aが連結されたギアボックス（図示省略）を内蔵しており、ギアボックスを介してブラシレスモータ58Aの駆動力が伝達されることにより、第1アーム56は基部54に対し図1矢印A方向、又はその反対方向に回動される。

【0023】また、第1アーム56の他端部はピンを介して第2アーム60の一端部を回動可能に軸支している。第1アーム56の他端部には本発明の同期モータとしてのブラシレスモータ58Bが連結されたギアボックス64が取付けられており、ギアボックス64を介してブラシレスモータ58Bの駆動力が伝達されることにより、第2アーム60は第1アーム56に対し図1矢印B方向、又はその反対方向に回動される。

【0024】また第2アーム60の他端部は、ハンドとしての一对の把持部材66、68をピンを介して軸支している。第2アーム60の他端部には同期モータとしてのブラシレスモータ58Cが連結されたギアボックス72が取付けられており、ギアボックス72を介してブラシレスモータ58Cの駆動力が伝達されることにより、一对の把持部材66、68は各々回動され先端部の間隔が変化される。これにより、把持部材66、68の間で図示しないワークの把持、把持の解除を行うことができ

る。

【0025】またブラシレスモータ58A、58B、58Cは各々同一構成とされている。以下では図2を参照し、ブラシレスモータ58Aを例に説明する。なお、図2に示したブラシレスモータ58Aは、界磁回転形で3相の駆動コイルを備えた永久磁石同期モータである。

【0026】図2に示すように、ブラシレスモータ58AはS極及びN極の両磁極を有する円柱状のマグネット14を備えている。マグネット14は回転可能に軸支された図示しないシャフトに取付けられており、このマグネット14とシャフトとによってロータが構成されている。ロータの外周にはコア16が配設されている。図2にも示すように、コア16は円筒状とされており、内周面にはロータのマグネット14へ向けて突出するように6個のティース18、20、22、24、26、28が形成されている。各ティースはマグネット14に対向する部分が幅広とされ、断面が略T字状とされている。

【0027】また、コア16には3相の駆動コイル30、32、34が巻き込まれている。駆動コイル30は、ティース18とティース20との間隙36と、マグネット14を挟んで前記間隙36に対向する間隙38と、を各々通過するように配設されている。駆動コイル32は、ティース22とティース24との間隙40と、マグネット14を挟んで前記間隙40に対向する間隙42と、を各々通過するように配設されている。更に駆動コイル34は、ティース26とティース28との間隙44と、マグネット14を挟んで前記間隙44に対向する間隙46と、を各々通過するように配設されている。

【0028】上記の駆動コイル30、32、34及びコア16は、ブラシレスモータ58Aの固定子を構成している。図3に示すように、駆動コイル30、32、34は各々の一端が接点48で互いに接続されている（所謂スター結線）。なお、本実施例では、駆動コイル30、32、34を便宜的に各々U相、V相、W相と称する。

【0029】一方、図1に示すようにブラシレスモータ58A～58Cの各々は、マニピュレータ制御装置52の一部を構成するモータ駆動回路74A、74B、74Cに接続されており、モータ駆動回路74A～74Cは各々メインコントローラ80に接続されている。モータ駆動回路74A～74Cも各々同一構成であるので、図4を参照してブラシレスモータ58Aに接続されたモータ駆動回路74Aを例に説明する。

【0030】モータ駆動回路74Aはマイクロプロセッサ82を含んで構成されている。マイクロプロセッサ82はCPU82A、ROM82B、RAM82C及び入出力ポート82Dを備えており、これらが互いにバス82Eを介して接続されて構成されている。ROM82Bには、一例として図5に示すように、ブラシレスモータ58のロータの回転角とブラシレスモータ58を駆動す

るためにU、V、Wの各相の駆動コイルに流す電流の比率との関係を表すブラシレスモータ58の駆動パターンが予め記憶されている。

【0031】マイクロプロセッサ82の入出力ポート82Dには前述のメインコントローラが接続されている。また入出力ポート82Dには駆動電流発生回路86の信号入力端が接続されている。駆動電流発生回路86の3個の出力端は、ブラシレスモータ58Aの駆動コイル30、32、34（U相、V相、W相）に各々接続されている。駆動電流発生回路86とブラシレスモータ58AのV相及びW相とを接続する2本の接続線には、各々接続線を流れる電流を検出する電流センサ88A、88Bが取付けられている。電流センサ88A、88Bは各々入出力ポート82Dに接続されている。

【0032】また、ブラシレスモータ58Aのロータには、本発明の位置検出手段としてのロータリーエンコーダ90が連結されている。ロータリーエンコーダ90の信号出力端は入出力ポート82Dに接続されている。本実施例ではロータリーエンコーダ90として、ブラシレスモータ58Aのロータの絶対位置を検出できる所謂アブソリュート型で、かつロータの位置を1000分の1回転の分解能で検出（1000パルス／1回転）できるロータリーエンコーダを用いている。従って、ロータリーエンコーダ90は検出したブラシレスモータ58Aのロータの位置を(0)～(999)の数値で表し、該数値に対応する信号をマイクロプロセッサ82に出力する。なお、ロータリーエンコーダ90はロータが時計方向に回転するとカウント値が増加し、ロータが反時計方向に回転するとカウント値が減少するようになっている。

【0033】また図示は省略するが、メインコントローラ

実移動カウント値←前回の実移動カウント値+

(エンコーダカウント値-前回カウント値)・・・(1)

なお、電源投入直後の状態では、前回の実移動カウント値として、前述のように「実移動カウント値」が0とされており、かつブラシレスモータを駆動していないので「エンコーダカウント値」と「前回カウント値」とが等しく、上記で演算される「実移動カウント値」は0となる。

角度偏差←指令カウント値-実移動カウント値

指示速度←角度偏差×K_p

但し、K_p：定数

前述のように「実移動カウント値」は0であり、かつ「指令カウント値」はステップ100で0とされているので、上記で演算される「角度偏差」及び「指示速度」も0となる。

【0039】次のステップ130では上記で演算された「角度偏差」の値を判定し、「角度偏差」の値に応じて処理が進む。この場合は「角度偏差」が0であるのでステップ132へ分岐する。ステップ132では「エンコーダカウント値」に基づいてブラシレスモータのロータの現在位置を判断し、駆動パターン（図5参照）上でロ

ー80もマイクロプロセッサ等を含んで構成されている。図1に示すように、メインコントローラ80には、オペレータが各種のコマンドやデータ等を入力するためのキーボード92、及びマニピュレータ50の状態や入力されたコマンド等を表示するためのCRT94が接続されている。

【0034】次に本実施例の作用を説明する。モータ駆動回路74A～74Cは、電源が投入されると、図6のフローチャートに示された処理を実行する。図6に示すメインルーチンにおいて、ステップ100～104では初期設定が行われる。すなわち、ステップ100ではメモリ上に設けられた「指令カウント値」及び「実移動カウント値」のエリアを0にする。ステップ102ではロータリーエンコーダ90から出力されるブラシレスモータのロータの位置を表すカウント値を取込み、次のステップ104ではメモリ上に設けられた「前回カウント値」のエリアに前記取り込んだカウント値を設定する。

【0035】次のステップ106ではメインコントローラ80からブラシレスモータの駆動指令が入力されたか否か判定する。前述の駆動指令が入力されていない間は、この判定は否定され、ステップ108で所定時間（例えば数ミリ秒）経過したか否か判定される。なお、この判定は電源投入時には無条件で肯定され、ステップ114で駆動制御処理が行われる。

【0036】この駆動制御処理について、図7のフローチャートを参照して詳細に説明すると、ステップ120ではロータリーエンコーダ90から出力されたカウント値を取込み、次のステップ122では、次の(1)式に従って「実移動カウント値」を演算する。

【0037】

る。ステップ124では「エンコーダカウント値」を「前回カウント値」に代入し、次のステップ126では(2)式に従って「角度偏差」を演算し、次のステップ128では(3)式に従って「指示速度」を演算する。

【0038】

・・・(2)

・・・(3)

ータの現在位置に対応するポイントを通電ポイントとし、該通電ポイントにおける各相の電流比を取り込む。このロータの現在位置に対応するポイントは、ロータを現在位置に保持（保持通電）するポイントであり、例えばロータの現在位置が90°であった場合、各相の電流比としてU相が100%、V相及びW相が25%という値が取り込まれる。

【0040】次のステップ138では「指示速度」及び通電ポイントに応じてU、V、Wの各相に供給する電流のデューティ比を決定する。このときは保持通電であるので、ブラシレスモータを駆動する際のデューティ

比と比較して、各相とも全体的に低い電流値（一例として駆動時の電流値を 100%とすると20~30%）となるようにデューティ比が設定される。ステップ140では上記で決定したデューティ比を駆動電流発生回路86に指示する。これにより、駆動電流発生回路86では指示されたデューティ比で各相に供給する電流を発生し、駆動電流発生回路86で発生された電流がU、V、Wの各相に供給される。

【0041】これにより、例えばロータの現在位置が90°（図8（B）に示す位置）であった場合には、図8（A）に示すようにU相から接続点48を介してV相及びW相へ電流が流れ、図8（B）に示すように間隙36側をN極、間隙38側をS極とする磁界、すなわちロータのマグネット14の磁束の方向と逆方向の磁界が発生する。これによりマグネット14に保持トルクが加わり、ロータのマグネット14は図8（B）に示す位置に保持される。ステップ140を実行した後は図6のフローチャートのステップ106に戻る。従って、モータ駆動回路の電源が投入されると、メインコントローラ80から駆動指令が入力されるまでの間は所定時間毎に駆動制御処理が実行され、ブラシレスモータ58A~58Cの各々に対して上述の保持通電が継続して行われることになる。

$$\text{指令カウンタ値} \leftarrow \text{指令角度} \times \alpha$$

なお、 α はロータが1°回転したときのロータリーエンコーダ90のカウント数である。本実施例ではロータリーエンコーダ90の分解能が1000パルス/1回転であるので、上記 α は、

【0046】

【数1】

$$\alpha = \frac{1000}{360} = 2.8 \text{ [カウント/°]}$$

【0047】となる。例えば、指令角度が+10°（時計方向に10°回転）であった場合には、「指令カウンタ値」は+28となる。次のステップ112では「実移動カウンタ値」を0にして、ステップ114の駆動制御処理を行う。これにより、前記と同様にしてステップ120~ステップ126で「実移動カウンタ値」「前回カウンタ値」「角度偏差」が演算されるが、このときには「指令カウンタ値」≠0であるので、「角度偏差」≠0となり、ステップ128で演算される「指示速度」は「角度偏差」、すなわちロータの現在位置と指令角度が表す目標位置との差に正比例した値となる。

【0048】「角度偏差」≠0になると、ステップ130では「角度偏差」の符号に基づいてステップ134又は136に分岐する。「角度偏差」の符号が正であればステップ134に分岐し、ロータを時計方向に回転させる必要があるので、ステップ134でブラシレスモータのロータの現在位置を判断し、駆動パターン（図5参

【0042】一方、マニピュレータ50に所定の動作を行わせたい場合、オペレータはキーボード92を介して前記所定の動作に対応するコマンドを入力する。メインコントローラ80ではコマンドが入力されると、コマンドの内容を解釈してコマンドの内容に対応するマニピュレータ50の姿勢（より詳しくはマニピュレータ50の各関節の角度）を判断し、ブラシレスモータ58A~58Cの各々のロータの目標位置として、各関節の角度を前記判断した角度とするための各ブラシレスモータのロータの回転角度（指令角度）を演算し、演算した指令角度を駆動指令としてモータ駆動回路74A~74Cへ出力する。

【0043】なお、この指令角度の符号は、本実施例では時計方向を正、反時計方向を負としており、例えばブラシレスモータのロータを時計方向に30°回転させたい場合には指令角度=+30°、反時計方向に540°（1回転半）回転させたい場合には指令角度=-540°と設定される。

【0044】これによりステップ106の判定が肯定され、ステップ110へ移行する。ステップ110では、駆動指令として入力された指示角度を、次の（4）式に従って「指令カウンタ値」に換算する。

【0045】

$$\dots (4)$$

照）上でロータの現在位置から90°進んだポイントを通電ポイントとし、該通電ポイントにおける各相の電流比を取り込む。このロータの現在位置から90°進んだポイントは、ロータを時計方向に回転させるポイントであり、例えばロータの現在位置が180°であった場合、通電ポイントはロータの現在位置から90°進んだ270°となり、各相の電流比としてU相が0%、V相及びW相が75%という値が取り込まれる。

【0049】また、「角度偏差」の符号が負であればステップ136に分岐し、ロータを反時計方向に回転させる必要があるので、駆動パターン（図5参照）上でロータの現在位置から90°遅れたポイント（例えばロータの現在位置が90°であれば90°遅れた0°のポイント）を通電ポイントとし、該通電ポイントにおける各相の電流比を取り込む。

【0050】ステップ134又は136の処理を行った後はステップ138へ移行してU、V、Wの各相に供給する電流のデューティ比を決定するが、このときは「指示速度」≠0であるので、指示速度に応じて保持通電と比較して各相とも全体的に高い電流値となるようにデューティ比が設定されると共に、前述の通電ポイント及び電流センサ88A、88Bによって検出された各相を流れる電流値に基づいて、各相のデューティ比が決定される。なお、電流センサが取付けられていないU相の電流値は、U、V、Wの各相を流れる電流 I_U 、 I_V 、 I_W についての関係式 $I_U + I_V + I_W = 0$ に基づ

いて演算により求められる。決定されたデューティ比が次のステップ140で駆動電流発生回路86に指示されることにより、駆動電流発生回路86では指示されたデューティ比で各相に供給する電流を発生し、駆動電流発生回路86で発生された電流がU、V、Wの各相に供給される。

【0051】これにより、例えばロータの現在位置が180°（図9（B）に示す位置）で、かつ指示された回転方向が時計方向であった場合には、ロータの現在位置から90°進んだ270°のポイントを通電ポイントとし、該通電ポイントにおける各相の電流比に従って、図9

（A）に示すようにV相及びW相から接続点48を介してU相へ電流が流れ（矢印の大きさは電流の大きさを表す）、図9（B）に示すように間隙36側をS極、間隙38側をN極とする磁界、すなわちロータのマグネット14の磁束の方向と直交する方向の磁界が発生する。これによりロータのマグネット14は矢印Cに示すように時計方向に回転される。

【0052】また、例えばロータの現在位置が180°でかつ指示された回転方向が反時計方向であった場合には、ロータの現在位置から90°遅れた90°のポイントを通電ポイントとし、該通電ポイントにおける各相の電流比に従って、図10（A）に示すようにU相から接続点48を介してV相及びW相へ電流が流れ、図10（B）に示すように間隙36側をN極、間隙38側をS極とする磁界、すなわちロータのマグネット14の磁束の方向と直交する方向の磁界が発生する。これによりロータのマグネット14は矢印Dに示すように反時計方向に回転される。

【0053】前述のように、駆動制御処理は所定時間毎に実行され、「角度偏差」が0になるまでの間はステップ134又はステップ136の処理が繰り返し実行されるので、ロータの現在位置に対して常に90°進んだ、又は90°遅れたポイントを通電ポイントとして通電が行われる。これにより、U相、V相、W相の各コイルを流れる電流は、図4に示す正弦波形の交流電流（位相が120°ずつずれた3相の交流電流）が供給された場合と等しく変化し、固定子には指示された方向に回転する回転磁界が発生する。

【0054】従って、ブラシレスモータのロータは駆動指令として入力された指令角度が表す目標位置へ向けて回転されることになる。この間、「実移動カウント値」はロータの回転に応じてカウントアップされる。「実移動カウント値」は駆動指令が入力された時点で0とされ、かつアブソリュート型のエンコーダ90のカウント値に基づいて値がカウントアップされるので、駆動指令が入力された時点からのロータの回転量を表しており、例えばロータが時計方向に100°回転すると100パルス発生するエンコーダを用いた場合、駆動指令が入力された時点からロータが時計方向に270°回転すると「実移

動カウント値」は270となる。また、（3）式より明らかのように、「指示速度」は「角度偏差」に正比例するので、駆動指令が入力されたときには、ロータの位置と指示された目標位置との差に応じた速度でロータが回転され、ロータの現在位置と目標位置との差（角度偏差）が小さくなるに従ってロータの回転速度は低くされることになる。

【0055】ブラシレスモータのロータが目標位置に到達して「角度偏差」が0になると、ステップ132の処理が再び実行され、ロータの現在位置（＝目標位置）に対応するポイントを通電ポイントとし、ロータのマグネット14の磁束の方向と逆方向の磁界を発生させる保持通電が行われる。これにより、ロータを目標位置に保持する保持トルクがロータのマグネット14に加わるので、ロータは目標位置に静止すると共に、ロータを回転させようとする外力が加わった場合にも、ロータはこの外力によって不用意に回転されることなく保持される。

【0056】また、ロータが目標位置に停止している状態で、前記保持トルクを上回ってロータを回転させようとする大きな外力が加わった場合、前記保持トルクに抗してロータが回転されることがある。この場合には、ステップ120で取り込んだロータリーエンコーダ90のカウント値が前回と異なる値になるので、「実移動カウント値」が「指令カウント値」と一致なくなり、「角度偏差」≠0となる。これにより、ステップ130から処理はステップ134又はステップ136へ分岐し、「角度偏差」が0、すなわちロータが目標位置に戻るよう、外力によるロータの回転方向と逆の方向にロータを回転させる。

【0057】この場合にも、ロータが目標位置に戻るとステップ132の処理が再び実行され、前記と同様に保持通電が行われてロータのマグネット14に保持トルクが加わるので、ロータが目標位置を越えて回転されることが阻止され、ロータが目標位置を中心として振動的に回動する発振現象が発生することが防止される。

【0058】また、新たに駆動指令が入力された場合には、ロータが目標位置に停止している場合のみならず、ロータを目標位置に回転させている途中であっても、図6のフローチャートのステップ110、112で「指令カウント値」及び「実移動カウント値」が更新され、指示された新たな目標位置へ向けてロータが回転するようにブラシレスモータが駆動される。

【0059】一方、メインコントローラ80は、入力されたコマンドの内容やマニピュレータ50が扱うワークの重量（各モータに加わる負荷）等に基づいて、マニピュレータ50の各部の適切な移動速度を判断し、判断した移動速度に応じてモータ駆動回路74への駆動指令の内容を変更する。例えば、ブラシレスモータ58Aのロータを時計方向に300°回転させて第1アーム56を回動させる際に、第1アーム56の回動速度を低速と

したい場合には、駆動指示を複数回に分けて出力（例えば時計方向に 30° 回転させる指示を10回出力）する。この場合はロータが最終的な目標位置に到達する迄の間の「角度偏差」は常に 30° 以下となるので、ブラシレスモータ58Aのロータは低速で回転され、第1アーム56も低速で回転される。一方、第1アーム56の回転速度を高速としたい場合には、例えば時計方向に 300° 回転させる指示を1回出力する。これにより、ブラシレスモータ58Aのロータは高速で回転され、第1アーム56も高速で回転されることになる。

【0060】なお、上記では所定の事象をロータの位置と目標位置との差（角度偏差）とし、角度偏差が小さくなるに従ってロータの回転速度を低くする場合を例に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、駆動指示が入力されたときの角度偏差に応じた一定速度でロータを回転させるようにしてもよいし、所定の事象を回転速度の指示とし、オペレータによって決定されメインコントローラ80を介して指示された回転速度を回転速度の目標値とし、該目標値に応じて各モータを駆動するようにしてもよい。また、メインコントローラ80では入力されたコマンドの内容やワークの重量等に基づいて各モータのロータの回転速度を判断して指示し、モータ駆動回路74では指示された回転速度を回転速度の目標値としてロータを回転させるようにしてもよい。

【0061】また、上記では角度偏差の変化に対して正比例するように指示速度を変化させる場合を例に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば角度偏差の変化に対し指示速度を段階的に、或いは指数関数的に変化させるようにしてもよい。

【0062】また、本発明に係る同期モータによって駆動される被駆動体（本実施例ではマニピュレータ50のアーム及び把持部材）の位置を所定の事象とし、前記位置に応じて回転速度を変更するようにしてもよい。例えば、アームが回転限度位置に近づいたときに、或いは把持部材がワークに接触して把持する位置に近づいたときにモータの回転速度を低くするようにしてもよい。

【0063】更に、上記では本発明に係る同期モータをマニピュレータ50の駆動用として用いた場合を例に説明したが、これに限定されるものではなく、例えば各種の車両用アクチュエータとして適用できることは言うまでもなく、一例としては上述した同期モータを自動車等の車両のステアリング駆動用、より詳しくは車両のステアリングを同期モータにより駆動して自動的に操舵を行う自動操舵装置に適用することができる。この場合には、車両が通行する道路のカーブの半径、車両速度、道路上の障害物の有無及び位置等を所定の事象として入力し、これら所定の事象に応じて操舵角（指令角度）及び操舵速度（指示速度）を決定し、同期モータの駆動を制御することができる。

【0064】また、上記では本発明の位置検出手段とし

て、ロータの位置を1000分の1回転の分解能で検出（1000パルス/1回転）できるロータリーエンコーダ90を適用した場合を例に説明したが、これに限定されるものではなく、ホール素子等の従来より周知の各種の位置検出センサを用いることが可能である。但し、本発明では目標位置に対するロータの停止位置の精度は位置検出手段の分解能に依存するので、ロータの位置を所定値以上の分解能、例えば少なくとも360分の1回転の分解能（360パルス/1回転＝1パルス/ $^\circ$ ）で検出できる位置検出センサを用いることが好ましい。

【0065】更に、上記では本発明に係る同期モータとして、永久磁石同期型ブラシレスモータ58（図2）を例に説明したが、本発明を適用可能なモータは図2に示した構成に限定されるものではなく、回転可能に配置されたマグネットロータと、複数相のコイルを備え前記マグネットロータの外周に配置された固定子と、を備えたモータであれば適用することが可能である。

【0066】以上、本発明の実施例について説明したが、上記実施例は以下に記載する技術的事項を含むものである。

【0067】（1）マグネットロータの磁極と固定子側の界磁極とが同方向となるように固定子へ通電する際の電流を所定値以下とする。

【0068】上記構成（1）とすれば、マグネットロータの位置を保持しているときに固定子を通れる電流値をマグネットロータの回転駆動に要する電流値よりも小さい所定値としているので、固定子からの発熱を抑制できると共に、同期モータの消費電力を抑制することができる、という効果が得られる。

【0069】（2）また、マグネットロータの磁束の方向と逆方向の磁界を固定子に発生させるために固定子の各コイルに供給すべき電流を表す情報をマグネットロータの各位置と対応させて記憶した記憶手段を更に備え、制御手段はマグネットロータが目標位置まで回転した後に、前記記憶手段に記憶されている情報に基づいて、前記目標位置に位置しているマグネットロータの磁束の方向と逆方向の磁界を固定子に発生させる。

【0070】上記構成（2）とすれば、マグネットロータを任意の位置に移動させ、該位置で保持することができる。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように請求項1記載の発明は、位置検出手段によって同期モータのマグネットロータの位置を検出し、制御手段では、指示された目標位置までマグネットロータが回転するようにマグネットロータの位置に基づいて固定子に回転磁界を発生させ、マグネットロータが目標位置まで回転した後は、マグネットロータが目標位置で保持されるように目標位置におけるマグネットロータの磁束の方向と逆方向の磁界を固定子に発生させるようにしたので、同期モータのマグネット

ロータを現在の位置から目標位置に高い安定度で停止させることができる、という優れた効果が得られる。

【0072】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、制御手段は、目標位置にマグネットロータを保持している状態で位置検出手段によって検出されたマグネットロータの位置が目標位置からずれた場合に、マグネットロータが目標位置に戻るよう固定子に回転磁界を発生させるようにしたので、上記効果に加え、マグネットロータが目標位置に停止している状態から外力により回転された場合に、発振現象を生じさせにくくかつ短時間でマグネットロータを目標位置に戻すことができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例に係るマニピュレータ及びマニピュレータ制御装置の概略構成図である。

【図2】本実施例に係るブラシレスモータの概略構成図である。

【図3】ブラシレスモータの3相の駆動コイルの結線状態を示す回路図である。

【図4】モータ駆動回路の概略構成図である。

【図5】ROMに記憶されたブラシレスモータの駆動パターンの内容を説明する線図である。

【図6】モータ駆動回路のマイクロプロセッサで実行されるメインルーチンを示すフローチャートである。

【図7】モータ駆動回路で実行される駆動制御処理を示すフローチャートである。

【図8】ロータ位置が90°で保持通電を行っている際の、(A)は駆動コイルを流れる電流を示す回路図、(B)は固定子に発生する磁界を示す概念図である。

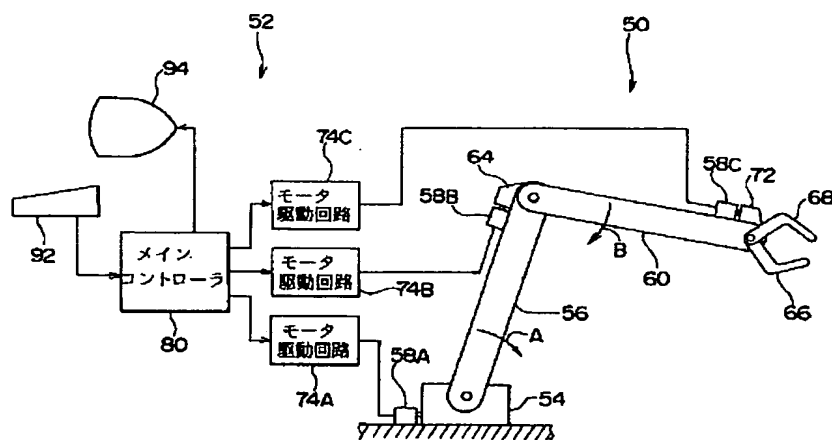
【図9】ロータ位置が180°で時計方向に駆動する際の、(A)は駆動コイルを流れる電流を示す回路図、(B)は固定子に発生する磁界を示す概念図である。

【図10】ロータ位置が180°で反時計方向に駆動する際の、(A)は駆動コイルを流れる電流を示す回路図、(B)は固定子に発生する磁界を示す概念図である。

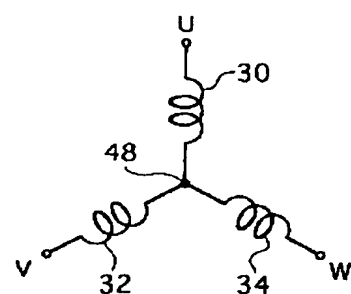
【符号の説明】

- 14 マグネット
- 30 駆動コイル
- 32 駆動コイル
- 34 駆動コイル
- 58 ブラシレスモータ
- 74 モータ駆動回路
- 80 メインコントローラ
- 90 ロータリーエンコーダ

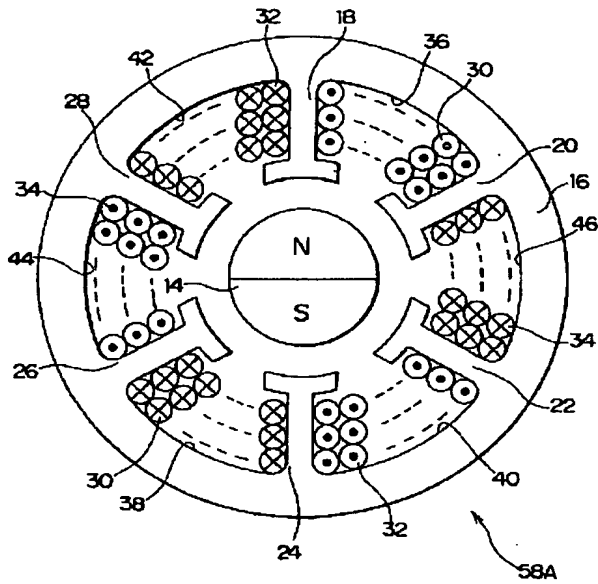
【図1】



【図3】



【図 2】

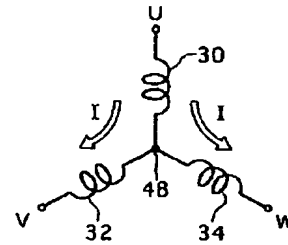


- | | |
|----|-------|
| 14 | マグネット |
| 30 | 駆動コイル |
| 32 | 駆動コイル |
| 34 | 駆動コイル |

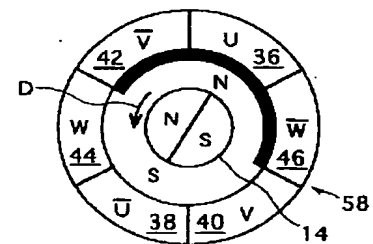
【図 10】

<ロータ位置: 180° で反時計方向に駆動>

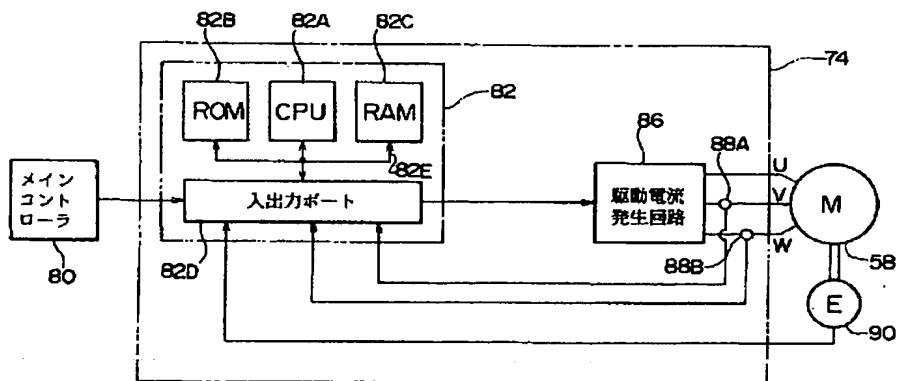
(A)



(B)

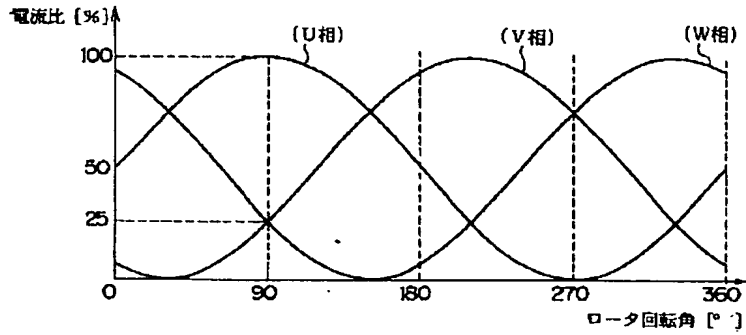


【図 4】

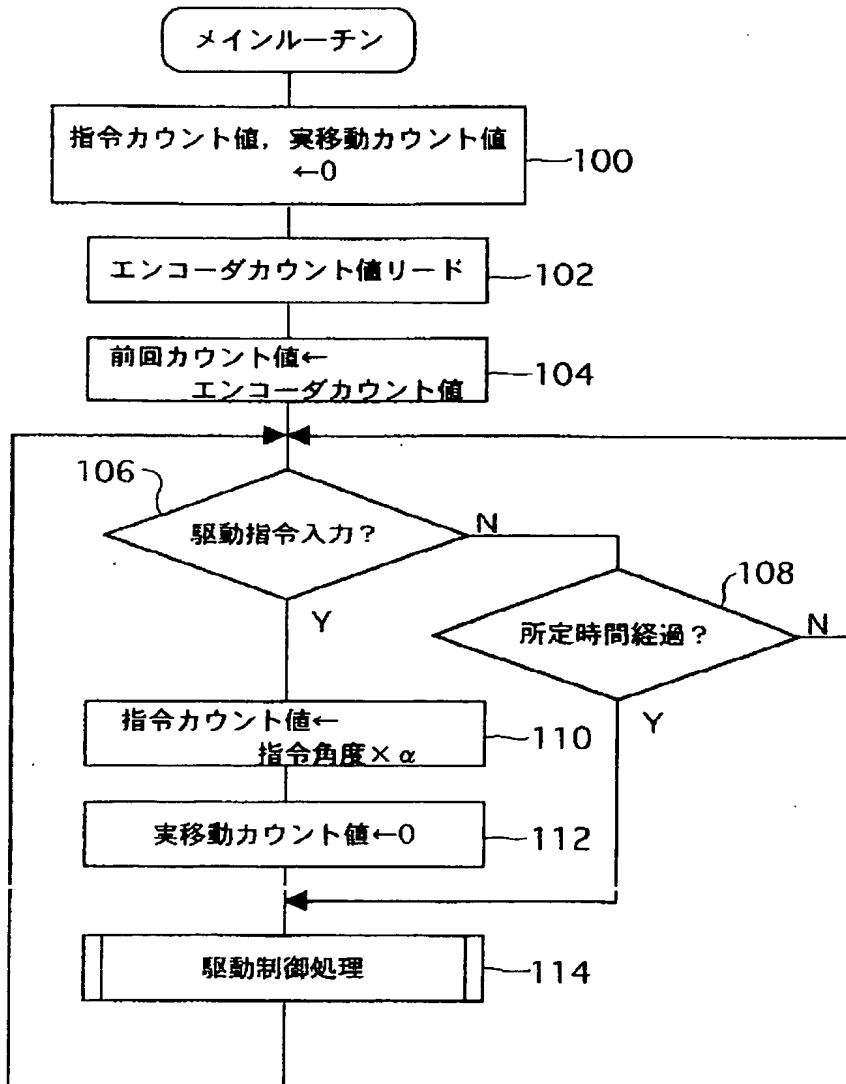


- | | |
|----|------------|
| 58 | ブラシレスモータ |
| 74 | モータ駆動回路 |
| 80 | メインコントローラ |
| 90 | ロータリーエンコーダ |

【図5】



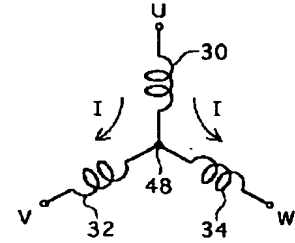
【図6】



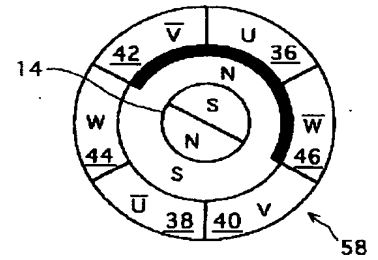
【図8】

<ロータ位置：90°で保持通電>

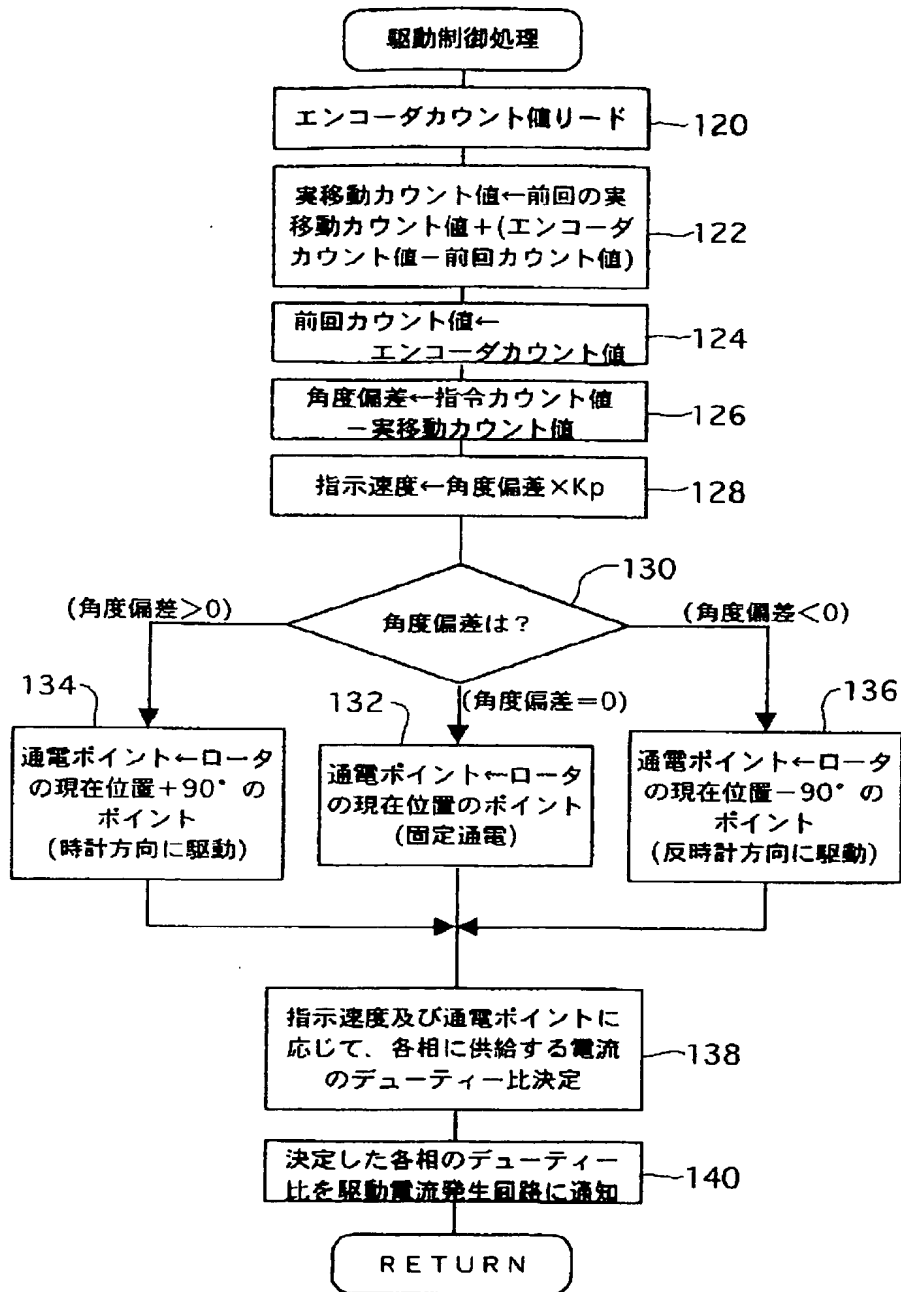
(A)



(B)



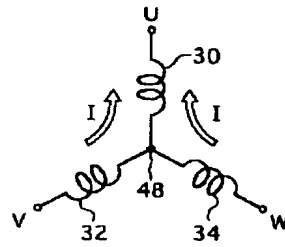
【図 7】



【図 9】

<ロータ位置：180°で時計方向に駆動>

(A)



(B)

